

Odontología 3D

Agustín Rodríguez Esteva, *Student, IIE - FIng*

Resumen—Se estudiará el diseño y tallado de piezas dentales por computadora, presentando las ventajas de mayor precisión, menores tiempos clínicos y mayor biocompatibilidad de los materiales, concluyéndose que es una buena herramienta para la rehabilitación odontológica.

Index Terms—Talladora Impresora Odontología Bioingeniería

I. INTRODUCCIÓN

LA constante necesidad de mejorar los resultados en la rehabilitación dental generó una nueva rama de estudio sobre el diseño de dientes vía software de modelado 3D.

A través de técnicas de digitalización es posible llevar el trabajo artesanal de construcción de una pieza dental a un programa de diseño CAD 3D, aumentando la cantidad de herramientas disponibles al dentista para la obtención de una solución al problema presentado por el paciente.

El surgimiento de bases de datos con modelos estándar de restauraciones dentales y la utilización de algoritmos de reconocimiento de patrones para obtener las características de forma y color de los dientes existentes del paciente permite utilizar un nuevo enfoque en la restauración de la sonrisa.

Se realizará el estudio de la cadena de trabajo desde que llega el paciente al consultorio odontológico con un problema hasta que se retira con una restauración. Se detallarán las ventajas de este nuevo sistema, enfocándose en la biocompatibilidad del diseño y de los materiales utilizados.

II. CADENA DE TRABAJO

II-A. Adquisición de datos

Para obtener buenos resultados en el modelado digital es clave la utilización de algoritmos de reconocimiento de patrones que permitan recrear digitalmente de forma fidedigna el modelo de yeso obtenido por impresión en silicona de la boca del paciente.

Las cámaras comerciales permiten alcanzar resoluciones de hasta $0.1\mu\text{m}$ basándose en la tecnología de "Blue Ray". Esta consiste en utilizar un láser de color azul para iluminar el modelo a escanear. El color azul (405nm) tiene una longitud de onda menor al rojo (650nm) y al verde (555nm) por lo que es posible detectar cambios de profundidad más pequeños en el modelo que los detectados por un equipo convencional de láser rojo.

El modelo 3D se genera a medida que se realizan más tomas del modelo. El programa deja transparentes las zonas donde necesita más información para generar la capa. A su

vez muestra lo que ve la cámara para simplificar la búsqueda de las zonas con poca información. Ver Fig. 1.

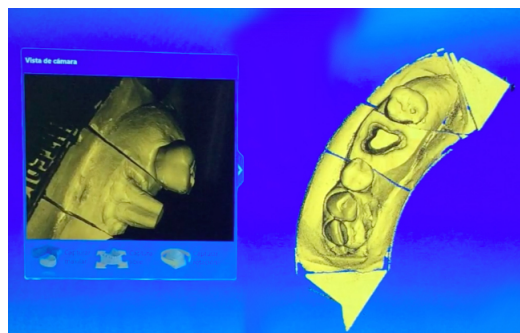


Figura 1. Software de escaneo

Los archivos obtenidos son almacenados en formato STL de acuerdo a los estándares internacionales para archivos de modelado CAD 3D. Esto permite exportar el modelo digital a otros programas abiertos de diseño o incluso tallar el modelo de la boca con una impresora 3D de bajo costo para obtener un modelo físico de referencia durante el diseño.

Como los algoritmos de reconocimiento son transparentes al usuario del equipo, se ha convertido en una necesidad la robotización del movimiento del modelo a scanear. Esto permite al software decidir qué zonas del modelo requieren mayor número de tomas, permitiendo estandarizar el proceso de captura de imágenes.

Se presenta a continuación el primer equipo comercial en incorporar la tecnología de robotización del movimiento del modelo en el proceso de escaneo. Ver Figs. 2 y 3¹.



Figura 2. Scanner de rayo azul con brazo móvil

Se observa que la composición de dos movimientos angulares en conjunto con un movimiento en el eje radial (autofoco

A. Rodríguez es estudiante de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, MO, Uruguay e-mail: aeredi@gmail.com

Tutores: Ing. Franco Simini y D.I. Luciana Urruty de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.

¹Sirona InEos X5 Commercial Brochure



Figura 3. Robotización del movimiento del modelo

del lente) permiten obtener tomas en todos los ángulos posibles de la superficie del modelo.

El surgimiento de sensores de mayor resolución junto con algoritmos de estabilización de imagen durante la toma permiten al dentista utilizar un nuevo enfoque en la captura de datos al tomar las imágenes para el modelado 3D directamente en la boca del paciente. Esto permite ahorrar tiempos clínicos además de obtener un modelo virtual más fiel que utilizando impresiones en silicona.

Como desventaja de este sistema se plantea que para ciertos tratamientos es beneficioso tener un modelo físico de la dentadura. Para ello, es posible utilizar una impresora 3D de bajo costo o incluso la propia talladora del sistema para generar en resina el modelo. Este campo todavía se mantiene abierto a nuevas aplicaciones de la tecnología que permitan imprimir un modelo 3D con buena precisión y de forma más rápida que utilizando la talladora. Si bien el diseño se sigue haciendo de manera digital, los modelos son utilizados para darle terminación y pulido superficial a la pieza luego de tallada.

Se destaca del sistema de scanneo bucal es que la precisión es máxima, no interviniendo pazos intermedios como la impresión en silicona y modelos de yeso que introducen errores sistemáticos al proceso. El scanner bucal también toma fotografías utilizando un haz de luz azul como el utilizado en el laboratorio dental para digitalizar modelos de yeso. Los archivos generados están en formato de modelo 3D universal STL.

II-B. Diseño digital

Los programas comerciales de diseño CAD utilizan la información de edad y complejidad del paciente para buscar en bibliotecas virtuales internacionales diseños de dientes ya existentes que podrían ajustarse a los requerimientos del paciente. Esta solución no es óptima dado que no toma en cuenta las características específicas de los dientes del paciente particular.

La necesidad de obtener mejores resultados en el proceso de diseño automático del software CAD abrió un campo de estudio en la odontología relacionado con el reconocimiento de patrones biológicos.

La tecnología BioGeneric² utiliza algoritmos para obtener las características del resto de los dientes del paciente para presentar una solución con validez protésica, es decir, una solución que sea clínica y estéticamente válida sin la intervención en el diseño del dentista.

El algoritmo utiliza como parámetros: formas de cúspides, posición, trazado de las fisuras, naturaleza lineal de los bordes y relaciones longitudinales y angulares de los dientes adyacentes y del diente antagonista.

En el artículo *Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design* se presenta una comparación entre coronas realizadas automáticamente utilizando los algoritmos BioGeneric y restauraciones realizadas por un dentista de un diente preexistente. Los resultados indican que al comparar ambos resultados con el diente original, la precisión de los algoritmos es mayor. Ver Fig. 4.

Se utilizó para comparar ambas muestras el coeficiente SSV, spectral similarity value, que analiza conjuntamente la correlación de brillo y la distancia euclidiana para comparar la forma con el diente original. A menor SSV mayor similitud entre ambos objetos.

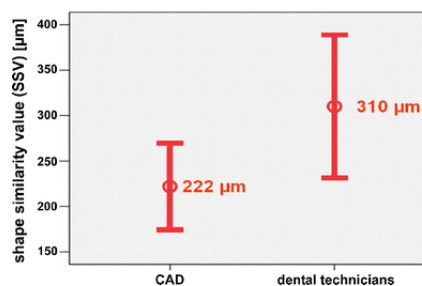


Figura 4. Comparación del coeficiente SSV experimental

En la Fig. 5 se muestra un diente real en boca de un paciente. Se realizaron escaneos solamente de los dientes adyacentes y del diente antagonista en el maxilar opuesto para obtener una propuesta de diseño BioGeneric.



Figura 5. Muela real en boca de un paciente

Se presenta a continuación la corona generada automáticamente. Se observa que la misma se asemeja al diente real del paciente, concluyéndose en primera instancia que los algoritmos de reconocimiento de patrones biológicos utilizados por el software resultan una buena herramienta para alcanzar una restauración similar a la de un diente natural.

Se debe escanear el maxilar opuesto completo junto con la sonrisa para realizar un diseño que tome en consideración los puntos de contacto entre ambos maxilares. El programa de diseño colorea con una escala de azul (presión leve) a rojo (fuerte contacto) permitiendo al dentista quitar material en los puntos de contacto para así construir un diente que de una sensación de comodidad al paciente.

²Sirona Dental Company, Cerec BioGeneric

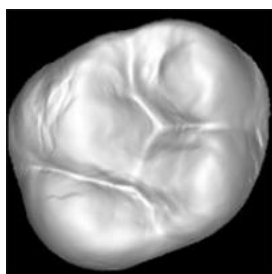


Figura 6. Muela propuesta por el software de diseño

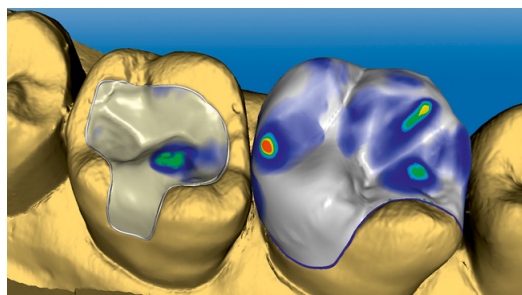


Figura 7. Puntos de presión de contacto

II-C. Materiales

Se presenta a continuación la comparación de los materiales utilizados en función de su resistencia a la flexión. Ver Fig. 8³.

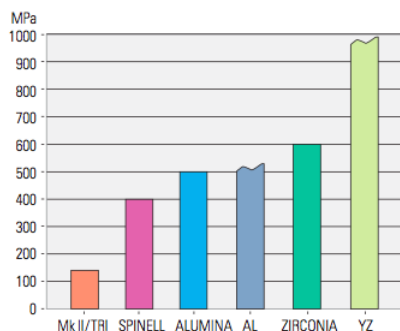


Figura 8. Resistencia a la rotura por flexión

El material MkII/Tri es una cerámica de feldespato de estructura fina y junto con el Spinell (cerámica de óxido infiltrada con vidrio) se utiliza para tallar carillas de dientes e incrustaciones.

Los materiales Alumina y Zirconia (cerámica de óxido infiltrada con vidrio) se utilizan para coronas y puentes con buena sustentación, reservándose los materiales AL y YZ (cerámica de óxido sinterizada a densidad máxima) para puentes que por su estructura requieran de un material fuerte y con buena resistencia a la flexión. Es importante notar que no sólo la dureza del material es importante, sino que una buena flexión y resistencia a la torsión permiten a la corona absorber los

esfuerzos físicos de la mordida, evitando así la rotura del hueso o implante que la sustenta.

Una de las ventajas estéticas de la utilización de cerámicas sin metal es su excelente biocompatibilidad. Esto permite que las encías no se retraigan y no queden bordes metálicos expuestos a la vista. A su vez, respetando los programas de sinterizado, se obtienen piezas con un recubrimiento traslúcido muy semejante al esmalte real. Además este tipo de restauraciones permite al dentista reducir tiempos clínicos al evitar el fundido de piezas en el laboratorio.

Se presenta una imagen de una incrustación en oro junto con una restauración realizada en sirconio en la misma muela. Ver Figs. 9 y 10.



Figura 9. Incrustación de oro



Figura 10. Incrustación de sirconio

Para el odontólogo también ofrece la ventaja de la repetibilidad del trabajo y la seguridad de obtener un ajuste perfecto en la colocación de la corona.

II-D. Tallado

Luego de terminado el proceso de diseño y elegido el material adecuado al tipo de restauración, se posiciona manualmente a través del software la pieza a tallar dentro del bloque. Esto permite al dentista acomodar diferentes piezas en un mismo bloque aprovechando al máximo los materiales.

Se exponen a continuación los datos técnicos de la talladora disponible en el mercado uruguayo. Ver Tabla 1.

	Sirona Cerec ML
Paso del motor	6.25 μm
Precisión del tallado	25 μm
Velocidad	1 - 1.5 mm/min
Motores fresa	2 x Motor DC
Motores ejes	5 x Paso a Paso
Tamaño de bloque	22x40x85 mm

Tabla 1: Datos técnicos Cerec InLab ML

³Instrucciones de uso - Confección de estructuras: VITA In-Ceram for inLab - Versión 11-06

La talladora utilizada un motor de paso para mover el bloque en un eje y motores de paso para mover los cabezales con las fresas hacia y desde el bloque. A su vez estos cabezales pueden rotar sobre el mismo plano.

Esta composición de movimientos permite alcanzar casi todas las posiciones posibles para el tallado. Para el caso de concavidades profundas los cabezales presentan una fresa de mayor longitud que la utilizada en los tallados convencionales. La velocidad de las fresas de tallado se ajusta través de motores DC. Se presentan en el siguiente diagrama los ejes de movimiento de los cabezales con las fresas de la talladora estudiada en la Tabla 1. Ver Fig. 11.

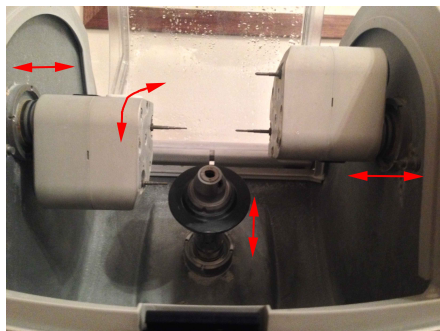


Figura 11. Ejes de movimiento

Al comienzo de cada tallado y periódicamente durante el mismo se realizan calibraciones automáticas de la posición del bloque y de las fresas. Estas consisten en acercar la fresa al bloque en pasos muy pequeños y a través de sensores de presión en los mismos detectar el contacto y así obtener la posición en el espacio del bloque.

La refrigeración consiste en bombas que dirigen un chorro de agua directamente a la punta de las fresas, debiéndose cambiar la totalidad el agua del circuito cada aproximadamente 15 tallados.

Las fresas son de punta de diamante de grano fino y permiten realizar hasta 35 tallados. El procedimiento de recambio es ágil y amigable al usuario. Las fresas y el bloque a tallar se fijan utilizando llaves con torquímetro para obtener resultados iguales en cada reposición.

El proceso de tallado de una corona es de aproximadamente 15 minutos. Esto, en conjunto con el escaner para tomas bucales y la rapidez de los algoritmos BioGeneric, permite al dentista sustituir una pieza dental de un paciente en una sola consulta médica.

II-E. Sinterizado y cocción

Cada bloque de tallado tiene un código de referencia con sus propiedades físicas y su respuesta a la temperatura. Esto permite al software de diseño enviar a tallar una figura homotéticamente agrandada que luego del proceso de cocinado se achicará al tamaño diseñado.

Los hornos utilizados siguen un estricto proceso de sinterizado, controlando las temperaturas y tiempos de hold en cada nivel de temperatura.

Las temperaturas máximas alcanzadas son particulares de cada material, siendo de hasta 1540°C @ $\Delta T=120\text{mín}$ para los

bloques de alúmina. El gradiente de temperatura es de entre 10 a 12 °C/mín para la fase de calentamiento y de 30°C/mín para la de enfriamiento.

III. CONCLUSIONES

Los algoritmos BioGeneric resultan adecuados para el estudio de las características biológicas de los dientes, superando incluso a restauraciones realizadas por técnicos dentales.

La rapidez del proceso de captura, diseño y tallado se presenta como una gran ventaja en la clínica dental, pudiéndose realizar una restauración en una sola consulta.

Se concluye que la tecnología de talladoras 3D permite obtener resultados biología y estéticamente superiores a los logrados en restauraciones de metal/cerámica.

REFERENCIAS

- [1] Xue Mei, Zhenhua Li, Songsong Xu and Xiaoyan Guo, *Registration of the Cone Beam CT and Blue-Ray Scanned Dental Model Based on the Improved ICP Algorithm*, International Journal of Biomedical Imaging 2014.
- [2] Mehl, A., Blanz, V., *Biogeneric tooth: a new mathematical representation for tooth morphology in lower first molars*, European Journal of Oral Sciences 2005.
- [3] Richter, J., Mehl, A., *Evaluation for the Fully Automatic Inlay Reconstruction by Means of the Biogeneric Tooth Model*, International Journal of Computerized Dentistry 2006.
- [4] Litzenburger, A., *Parametrisierung unbekannter Zahnoberflächen mittels des biogenerischen Zahnmodells*, Med. Diss 2007.
- [5] Litzenburger, A., Hickel, R., Richter, M., Mehl, A., Probst, F., *Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design*, Clinical Oral Investigations 2012



Agustín Rodríguez Esteva es estudiante de 5º año de Ingeniería Eléctrica - Perfil Electrónica en la Universidad de la República en Montevideo, Uruguay. Participa activamente en proyectos de electrónica analógica y de diseño de microprocesadores. Desde 2008 provee soporte técnico al primer consultorio odontológico en utilizar la tecnología de tallado 3D en Uruguay.